



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 37 532 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 23 Q 17/24
G 01 B 11/27

②① Aktenzeichen: 100 37 532.4
②② Anmeldetag: 1. 8. 2000
④③ Offenlegungstag: 15. 2. 2001

DE 100 37 532 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:

299 13 422. 9 06. 08. 1999

⑦① Anmelder:

Prüftechnik Dieter Busch AG, 85737 Ismaning, DE

⑦② Erfinder:

Pfister, Florian, 81925 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Vorrichtung zum Einstellen von Werkzeugen, Werkstücken oder Messmitteln an Werkzeugmaschinen

⑤⑦ Die Vorrichtung zur Bestimmung von Winkellagen relativ zu einem Bezugs- oder Startwinkel wird bevorzugt bei Werkzeugmaschinen eingesetzt, deren Spindeln sich um eine vertikale Achse drehen. An eine solche Spindel wird ein kleinvolumiger Projektor befestigt. Dieser enthält einen Diodenlaser, welcher eine Lichtlinie auf einem Target erzeugt. Das Target weist eine Mehrzahl paralleler oder sich kreuzender Linien auf. Lichtlinie und Target erzeugen visuell sichtbare Moirée-Muster, welche erst bei korrekter Drehstellung von Spindel und Projektor verschwinden. Sofern ein im wesentlichen transparentes Target verwendet wird, kann die Ausrichtung einer zweiten Projektionsfläche bestimmt werden. Die Erfindung wird bevorzugt im Zusammenspiel mit zugehörigen laseroptischen Messmitteln verwendet.

DE 100 37 532 A 1



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einstellen von Werkzeugen, Werkstücken oder Messmitteln an Werkzeugmaschinen unter Verwendung optischer Hilfsmittel, speziell laseroptischer Komponenten.

Eine solche Vorrichtung ist bekannt aus der EP 0 529 182 A1 (Erfinder: M. Hamar), mit der Verschiebungen und Winkelabweichungen von Werkstücken, Werkzeugen oder dgl. in Azimut und Elevation gemessen werden können.

Mit der dort beschriebenen Vorrichtung ist es jedoch nicht möglich, relative Winkellagen oder Winkelfehler in der verbleibenden Winkelkoordinate (Roll-Winkel, Polarisations-Winkel) zu bestimmen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine kostengünstige und einfach zu bedienende Vorrichtung bereitzustellen, welche geeignet ist, relative Winkellagen oder Winkelabweichungen erkennbar zu machen, speziell im Zusammenhang mit drehbaren Werkzeugköpfen oder Spindeln an Werkzeugmaschinen. Drehbewegungen dieser Art können bekanntlich, sofern sie um eine Hochachse erfolgen, jedoch nicht mit Inclinomern (Wasserwaagen) erfasst werden. Gemäss einer vorrangigen Aufgabe der Erfindung soll daher insbesondere ein bezüglich einer Hochachse vorzunehmendes Ausrichten von Werkzeugen, Messmitteln oder Werkstücken erleichtert werden.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die erfindungsgemässe Vorrichtung folgende Merkmale aufweisen soll:

- a) Es ist ein Projektor zum Erzeugen und Projizieren einer Mehrzahl von Lichtstrahlen vorhanden, deren Gesamtheit eine oder mehrere Linien bilden, und der Projektor ist an einem Kopf einer Werkzeugmaschine, oder an einem rotierbaren Messmittel, befestigt und mit diesem um dessen Drehachse drehbar.
- b) Der Projektor ist so eingerichtet und so orientiert, dass die Lichtstrahlen auf ein Target (Projektionsschirm) auftreffen, wobei das Target (Projektionsschirm) annähernd in Richtung der genannten Drehachse entfernt vom Projektor angebracht ist.
- c) Das Target weist eine Mehrzahl von Linien oder Feldern auf, welche durch Bereiche mit unterschiedlichen Farben, unterschiedlichem optischem Reflexionsgrad oder unterschiedlichem Transmissionsverhalten voneinander getrennt sind, und wobei die Linien oder Felder so angeordnet sind, dass eine lokal unterschiedlich starke und von einer Drehstellung des Projektors um die Drehachse abhängige Reflexion oder/und Transmission der auftreffenden Lichtstrahlen erfolgt.

Zweckmässig ist der Projektor in Form eines Diodenlasers ausgebildet, dessen emittiertes Licht mit einer Zylinderlinse oder einem geeigneten Hologramm aufgefächert wird.

Gemäss der Erfindung erfolgt die unterschiedlich starke und von einer Drehstellung des Projektors abhängige Reflexion oder Transmission der Lichtstrahlen nach Art eines Interferenzmusters oder eines Moirée-Musters. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird eine Gesamtheit an (idealisiert zu betrachtenden) Einzel-Lichtstrahlen bereitgestellt, welche ein Lichtbündel in Form eines ebenen Strahlenfächers (sog. Flachstrahl) bilden. Dies kann durch Ausblenden eines Strahlenbündels erfolgen, welches von einer punktförmigen Lichtquelle ausgeht, oder durch andere Bereitstellung eines Lichtstrahlenbündels, z. B. mittels Projektion einer leuchtenden oder beleuchteten Linie, oder per laseroptischer Mittel.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird ein

ebener Projektionsschirm vorgesehen. Auf diesem sind eine Vielzahl, bevorzugt 10 und mehr, lichtabsorbierende, z. B. schwarze und geradlinige Linien aufgedruckt, welche durch einen weissen oder gut reflektierenden Zwischenraum voneinander beabstandet sind. Der Abstand der schwarzen oder lichtabsorbierenden Linien voneinander entspricht etwa der Strichstärke dieser Linien. Es können mehrere Sätze paralleler Linien vorgesehen sein, und die Sätze können sich unter einem definierten Winkel schneiden. Für den praktischen Gebrauch der Erfindung ist es vorteilhaft, wenn dieser definierte Winkel 90° beträgt. Es können aber auch andere geeignete Winkel vorgesehen werden, wie z. B. 30° , 60° , 72° und andere. – Der Projektionsschirm stellt somit ein Target für die Lichtstrahlen dar, welches in zeitsparender und kostengünstiger Weise direkt visuell beobachtbar ist. Der Anwender der Erfindung kann festlegen, ob die Ebene des Lichtstrahles und die Ebene des Targets sich unter einem rechten Winkel, oder einem anderen definierten Winkel schneiden soll. Im ersten Fall ist die Normale des Targets (Projektionsschirms) parallel zur Ebene des Lichtfächers ausgerichtet ist. Im zweiten Fall schneidet die Normale des Targets (Projektionsschirms) die Ebene des Lichtfächers unter einem definierten Winkel.

In einer vergleichbaren Ausgestaltung der Erfindung ist das Target jedoch im wesentlichen transparent und wird mit weissen oder lichtreflektierenden Linien versehen, welche bevorzugt parallel zueinander ausgerichtet sind. Ein Teil eines auftreffenden flächigen Lichtstrahls kann dann durch das Target hindurchtreten, während ein verbleibender Teil durch die weissen Linien reflektiert wird und visuell beobachtet werden kann, und zwar hinsichtlich der Bildung eines Moirée-Musters. In dieser Ausgestaltung der Erfindung ist es nützlich, ein zweites Target vorzusehen, auf welches der hindurchtretende Teil des flächigen Lichtstrahles auffällt. Dieser kann dann visuell erkennbaren Einzel-Leuchtflecke erzeugen, welche linienförmig angeordnet sind. Sofern die Orientierungen von Projektor und Target ausgerichtet sind, fressen die Einzel-Leuchtflecke jedoch zu praktisch einem einzigen zusammenhängenden Leuchtfleck zusammen.

Um den erfindungsgemässen, gewünschten Effekt zu erzielen, sollte dafür gesorgt werden, dass die von einzelnen Lichtstrahlen erzeugten Linien von schmaler Form sind und der Quotient aus Linienbreite zu Linienlänge einen Wert von etwa 1 : 100 nicht überschreitet. Es sollte, mit anderen Worten, der Flachlichtstrahl möglichst "flach" sein. Seine Länge sollte aber möglichst einem Projektions-Winkel von 15° oder mehr entsprechen. Auf diese Weise gelingt es gemäss der Erfindung, mit einfachen und im wesentlichen nicht-elektronischen Mitteln eine visuelle Drehwinkelstellungsermittlung mit einer Auflösung von besser als 1 Winkelgrad durchführen zu können.

Die Erfindung wird im einzelnen anhand der Zeichnung beschrieben.

Es zeigt

Fig. 1 eine querschnittsmässige Seitenansicht der erfindungsgemässen Kombination von Projektor und Target an einer Werkzeugmaschine

Fig. 2 eine entsprechende perspektive Ansicht von Werkzeugmaschine, Projektor, Flachlichtstrahl und Target

Fig. 3 ein mechanisches Prisma für die magnetische Befestigung des Projektors an rotierbaren Systemkomponenten einer Werkzeugmaschine

Fig. 4 eine Ansicht ähnlich Fig. 2, jedoch für horizontale Betriebsweise, und für zwei miteinander fluchtende rotierbare Systemkomponenten einer Werkzeugmaschine

Fig. 5 eine erste Ausführungsform für ein erfindungsgemässes Target (Masstab verkleinert)

Fig. 6 eine bevorzugte Ausführungsform für ein erfin-



dungsgemässes Target, ebenfalls in verkleinertem Masstab

Fig. 7 die Anwendung der Erfindung im Zusammenspiel mit einem laseroptischen Messmittel, welches die Ausrichtung von Objekten nach mehreren Koordinaten überprüft, und mit einem transparenten Target

Fig. 8 eine zu Fig. 7 vergleichbare Anordnung, bei der die Orientierung von Target und Messmittel übereinstimmt

Fig. 9 und 10 eine zu Fig. 7 ähnliche Anordnung, bei der Orientierungen relativ zu einem Maschinenbett gezeigt sind

Fig. 11 Details zum transparenten Target und einer zugehörigen Halterung

Die in Fig. 1 gezeigte Seitenansicht einer erfindungsgemässen Anordnung weist ein an sich bekanntes Bohrfutter oder Werkzeugkopf 10 auf, welcher z. B. als Dreiflankenfutter 12 ausgelegt ist, welches einen Spiralbohrer 14 oder ein anderes Werkzeug einspannt zur Bearbeitung eines Werkstückes 16. Dieses liegt beispielsweise auf einem Bett 18 der Werkzeugmaschine auf. In den Werkzeugkopf 10 kann ggf. auch ein Messmittel oder ein Werkstück eingespannt werden (vgl. Fig. 7 bis Fig. 11).

Ein Projektor 20 ist abnehmbar, z. B. mittels eingebauter Permanentmagneten (nicht gezeigt), an den Werkzeugkopf 10 befestigt. In seinem Inneren befindet sich eine Vorrichtung zur Erzeugung von Lichtstrahlen, welche durch eine optische Vorrichtung 24 zu einem Flachstrahl geformt werden. In Fig. 1 sind mehrere solcher Flachstrahlen (im Querschnitt) gezeigt. Ein erster fällt annähernd senkrecht auf das Target 40 auf und erzeugt eine erste Lichtlinie 30. Alternativ können Flachstrahlen vorgesehen werden, deren Ebene das Target unter einem vordefinierten Winkel schneidet. Bezugswerten 32, 34 geben die Positionen entsprechender Lichtlinien auf dem Target 40 an. In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird eine Mehrzahl an Flachstrahlen vorgesehen, bei der ein Projektor 20 z. B. alle drei im Querschnitt gezeigten Flachstrahlen gleichzeitig projiziert.

Die in Fig. 2 perspektivisch dargestellte Anordnung entspricht im wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten. Schematisch gezeigt sind jedoch die auf dem Target 40 vorgesehenen Linien 42, 44, 46, 48, welche mit der Lichtlinie 30 gemäss der Erfindung in Zusammenspiel treten, so dass es möglich ist, den Werkzeugkopf relativ genau in Drehstellungen zu bringen, welche sich um 45° und Vielfachen davon unterscheiden. Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass eine Lichtlinie 30 an nur einer einzigen, oder einigen wenigen, Markierungslinien auf einem Target nur mit erheblicher Mühe genau ausgerichtet werden kann. Es ist weit günstiger und führt zu wesentlich höherer Genauigkeit, wenn interferenzartige Moirémuster, welche bei Drehung des Werkzeugkopfes im Zusammenspiel von Lichtlinie 30 und dem gitterartigen Linienmuster auf Target 40 entstehen, für einen Einstellvorgang des Werkzeugkopfes herangezogen werden.

Fällt nämlich die Lichtlinie 30 genau auf eine Linie aus der Schar 42, 44, oder in einen Zwischenraum zwischen beiden, so kann mit guter Genauigkeit entschieden werden, ob eine parallele Ausrichtung von Lichtband und Linien vorliegt, vgl. Fig. 3. Schon bei einer geringfügigen Abweichung von dieser Ideallage ergeben sich gut sichtbare interferenzartige Moirémuster. Ähnliches gilt bei der Positionierung der Lichtlinie 30 in die Linienschar 46, 48, was allerdings bedeutet, dass der Werkzeugkopf 10 um 90° oder 270° gedreht worden sein muss. Es ist von Vorteil, wenn die Lichtlinie 30 etwa so breit ist wie die Linienstärke einer Linie. Weiterhin ist es von Vorteil, wenn der Zwischenraum zwischen zwei Linien etwa so breit ist wie die Breite der Lichtlinie. Die Lichtlinie sollte möglichst lang sein. – Für besondere Einstell- und Justagezwecke können auch kurvenförmige, insbesondere kreisförmige Lichtlinien bereit-

gestellt werden.

In Fig. 3 wird der Fall einer genau ausgerichteten Lichtlinie relativ zum Target 40 gezeigt. Wie man sieht, kommt es im wesentlichen nur auf die Drehstellung des Werkzeugkopfes 10 an, ob dieser Fall eintritt. Das Ausrichtverhalten bezüglich eines Referenzwinkels bleibt nämlich auch erhalten, wenn der Werkzeugkopf 10 eine Parallelverschiebung erfährt, unabhängig davon, ob es sich um die x-, y- oder z-Achse des Raumes handelt.

Das Gehäuse 50 des Projektors umschliesst mehrere Permanentmagneten (nicht gezeigt), so dass mittels der Anlegflächen 52, 54, welche ein mechanisches Prisma bilden, eine bequeme und stabile vorübergehende Befestigungsmöglichkeit des Projektors an den Werkzeugkopf vorhanden ist. Durch den Ringpfeil wird symbolisiert, dass der Werkzeugkopf um seine Hochachse drehbar sei.

In Fig. 4 wird die Erfindung am Beispiel zweier voneinander unabhängig verdrehbarer Spindeln, Werkzeughalter, Messmittel oder dgl. gezeigt. Aus Fig. 4 geht darüberhinaus hervor, dass die Erfindung auch im Zusammenhang mit Drehbewegungen angewendet werden kann, deren Achsen eine beliebige Ausrichtung aufweisen, also nicht notwendigerweise vertikal ausgerichtet sind. – Wiewohl Projektor 20, Werkzeugkopf 10 und Target 40 im wesentlichen den Gegebenheiten aus Fig. 1–3 entsprechen, liegt die in Fig. 4 gezeigte Besonderheit darin, dass das Target 40 fest am Werkzeugkopf 110 angebracht ist. Wird dieser gedreht, so dreht sich das Target und ein eingespanntes Werkstück, Werkzeug oder Messmittel 120 synchron mit diesem mit. Auf diese Weise ist folgende Vorgehensweise möglich, um beide Werkzeugköpfe 10, 110 sukzessive in Drehpositionen zu bringen, welche sich um einen Winkel von z. B. 90° unterscheiden: Zuerst wird Werkzeugkopf 110 gedreht, dass das Lichtband 30 bezüglich des Targets 40 ausgerichtet erscheint. Darauf wird Werkzeugkopf 10 um 90° gedreht, bis das Lichtband erneut ausgerichtet erscheint. Daraufhin wird Werkzeugkopf 110 sinngemäss um den gleichen Winkel verdreht, bis erneute Übereinstimmung vorliegt, usw. Es können also mit vergleichsweise einfachen Messmitteln relativ genaue Drehlagen angefahren werden, ohne dass ein kostspieliger Teilkopf erforderlich ist.

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Targets 40. Dessen Zentrum ist linienfrei, da vorgesehen ist, dass in dessen Umfeld ein Werkzeug, Werkstück oder Messinstrument angeordnet ist. Zur Bestimmung von 45°-Drehlagen ist eine Linienschar 62 vorgesehen.

Fig. 6 zeigt ein anderes bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Targets 40. Dieses bietet den Vorteil, dass nicht nur um 90°, sondern auch um 45° differierende Drehlagen bestimmt werden können. Dies beruht darauf, dass auch bei Einfallen einer Lichtlinie 30 in diagonaler Richtung in Bezug auf die Kanten der gezeigten annähernd quadratischen Figur ein moiréfreier visueller Eindruck hervorgerufen wird. Dieser wird schon bei geringfügigen Fehlwinkeln gestört, so dass bei fehlerhafter Ausrichtung stattdessen ein moiréeförmiges Muster visuell wahrgenommen werden kann.

Durch Bereitstellung eines im wesentlichen transparenten Targets 200, wie in Fig. 6 gezeigt, gewinnt die erfindungsgemässe Messvorrichtung an Komfort. Ein laseroptisches Messmittel 10', welches z. B. zum Erfassen von translatorischen oder rotatorischen Abweichungen zweier Objekte voneinander geeignet ist, wird entsprechend mit einem Projektor 20 versehen. Der von diesem erzeugte Flachlichtstrahl wird durch das z. B. von einer geeigneten Halterung 250 positionierte Target 200 von dessen weisser oder reflektierender Linienschar 248 anteilig reflektiert, oder zumindest daran gehindert, durch das Target hindurchzutreten. Dieser Vorgang kann somit visuell beobachtbare einzelne



Reflexionsbereiche erzeugen, die typischerweise eine Linie auf dem Target 200 bilden. Der hindurchtretende Teil des Flachlichtstrahles erzeugt dann zumeist auf einem zugehörigen Projektionsschirm, oder zweiten Target, dann einen zweiten Satz von Leuchtflecken 30', welche auf dem geometrischen Ort einer Linie positioniert sind (siehe Fig. 7). Nur bei genauer rotationaler Ausrichtung zwischen Messmittel 10' und Target 200 ergibt sich eine durchgehende Linie 30", wie dies in Fig. 8 gezeigt wird. Auch in diesem Fall ist das visuell dargestellte Ergebnis invariant gegenüber Translationen zwischen Messmittel 10' bzw. Projektor 20 und dem Target 200. – Zur Kontrolle der Horizontallage des Targets 200 kann eine integrierte Libelle 270 dienen.

In Fig. 9 wird gezeigt, wie das Messmittel 10' unter Benutzung des Targets 200 in eine Vorzugsrichtung relativ zu Führungsnuten eines Maschinenbettes 400 gedreht werden kann. Der Halter 260 kann in mechanische Verbindung sowohl mit dem zugehörigen Messmittel 300 als auch mit dem Target 200 gebracht werden. (Dieses ist z. B. in Form eines reflektierenden Elementes ausgeführt.) Auf diese Weise kann einerseits die Drehlage der Messmittel 10' und 300 relativ genau aufeinander ausgerichtet werden. Andererseits kann auch eine sukzessive genaue Drehung der beteiligten Teile um einen vorgegebenen Winkel, z. B. 90°, vorgenommen werden.

Dies wird in Fig. 10 dargestellt, wo auch gezeigt wird, wie das Target 200 an das Messmittel 300 angebracht wird, zu dessen winkelmässiger Orientierung um eine Hochachse relativ zum Maschinenbett 400. Konstruktive Details zu einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung betreffend das Target 200 und einer zugehörigen Halterung sind aus Fig. 11 ersichtlich.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einstellen von Werkzeugen, Werkstücken oder Messmitteln an Werkzeugmaschinen, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

- es ist ein Projektor zum Erzeugen und Projizieren einer Mehrzahl von Lichtstrahlen vorhanden, deren Gesamtheit eine oder mehrere Linien bilden
- der Projektor ist an einem Kopf einer Werkzeugmaschine, oder an einem verdrehbaren Messmittel, befestigt und mit diesem um dessen Drehachse drehbar
- der Projektor ist so eingerichtet, dass die Lichtstrahlen auf ein Target (Projektionsschirm) auf treffen
- das Target (Projektionsschirm) ist annähernd in Richtung der genannten Drehachse entfernt vom Projektor angebracht
- das Target weist eine Mehrzahl von Linien oder Feldern auf, welche durch Bereiche mit unterschiedlichen Farben oder unterschiedlichem optischem Reflexionsgrad voneinander getrennt sind, und wobei die Linien oder Felder so angeordnet sind, dass eine unterschiedlich starke und von der drehachsenbezüglichen Orientierung des Projektors relativ zum Target abhängige Reflexion und/oder Transmission der Lichtstrahlen von diesem bzw. durch dieses erfolgt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die unterschiedlich starke und von einer Drehstellung des Projektors abhängige Reflexion und/oder Transmission der Lichtstrahlen ein visuell erkennbares Interferenzmuster oder Moirée-Muster erzeugt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtheit der Lichtstrahlen ein

Lichtbündel in Form eines ebenen Strahlenfächers bilden.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Projektionsschirm eben ist, die Linien geradlinig auf diesem angeordnet sind und entweder parallel zueinander sind oder sich unter einem definierten Winkel schneiden.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Winkel 90° beträgt.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem direkt visuell beobachtbaren Target (Projektionsschirm).

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Normale des Targets (Projektionsschirms) parallel zur Ebene des Lichtfächers ausgerichtet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Normale des Targets (Projektionsschirms) die Ebene des Lichtfächers unter einem definierten Winkel schneidet.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die von einzelnen Lichtstrahlen erzeugten Linien von schmaler Form sind und der Quotient aus Linienbreite zu Linienlänge einen Wert von etwa 1 : 100 nicht überschreitet.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 9, welche geeignet ist, eine visuelle Drehwinkelstellungsermittlung mit einer Auflösung von besser als 1 Winkelgrad vorzunehmen.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen



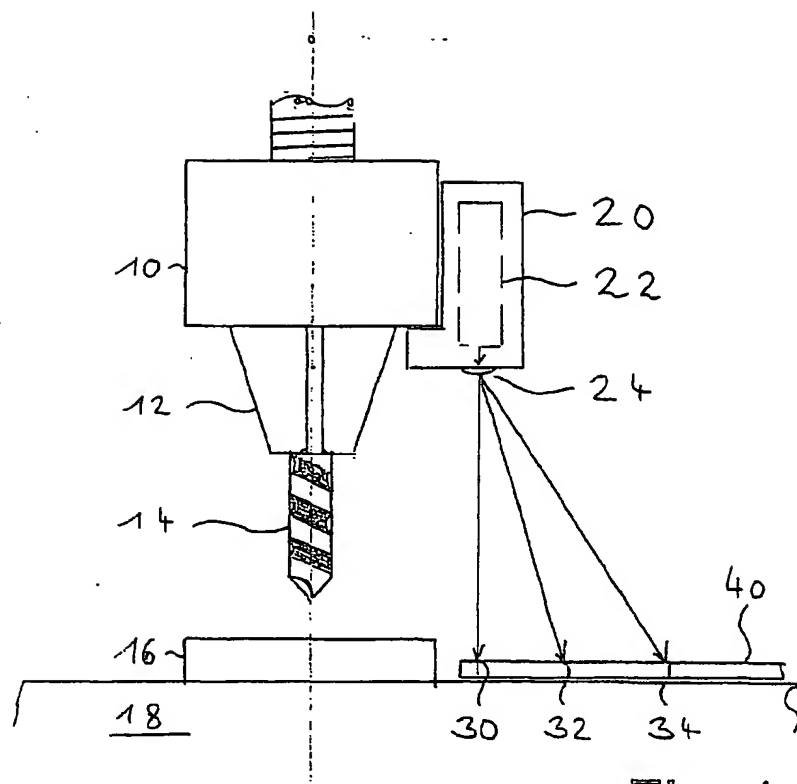


Fig. 1

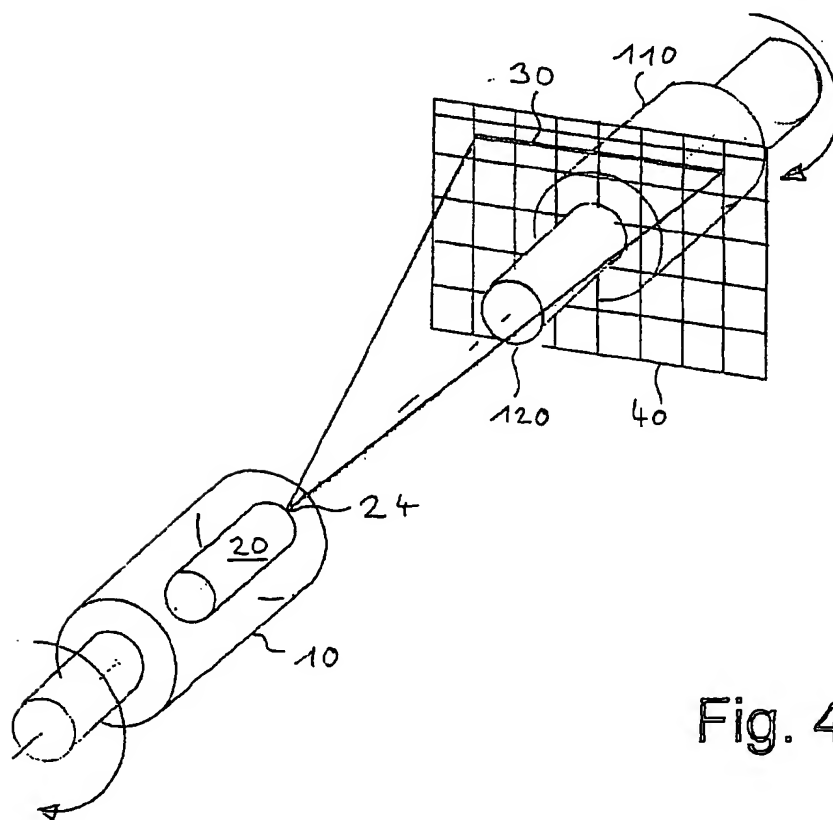


Fig. 4

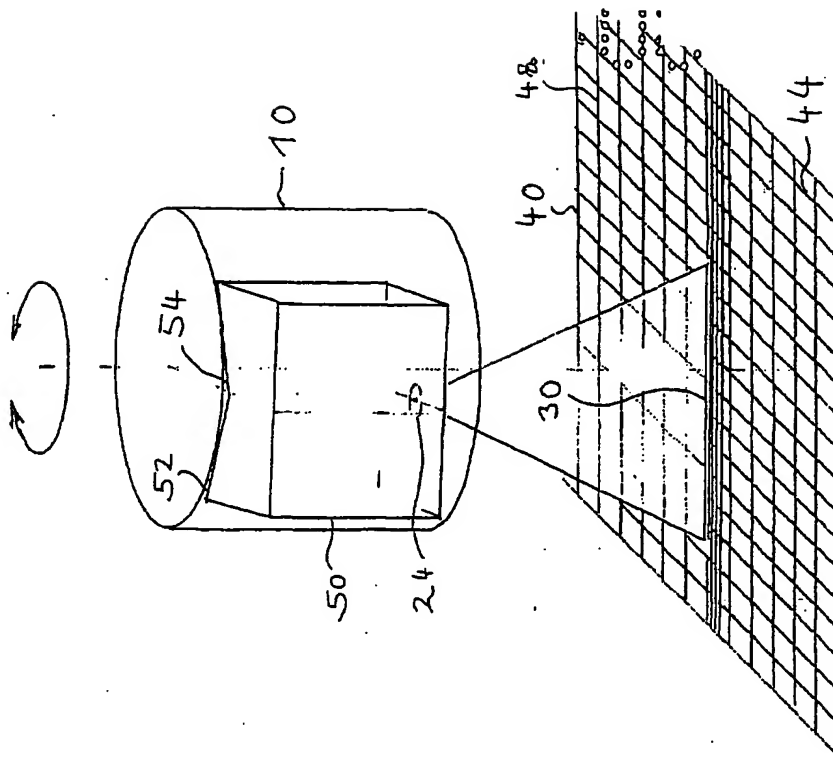


Fig. 3

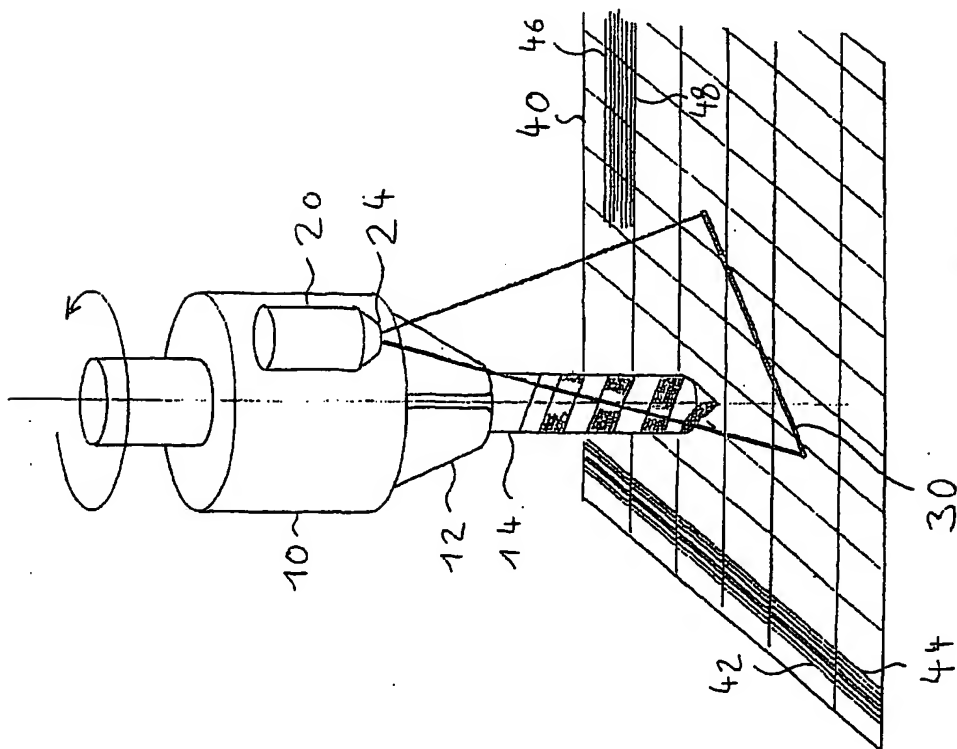


Fig. 2



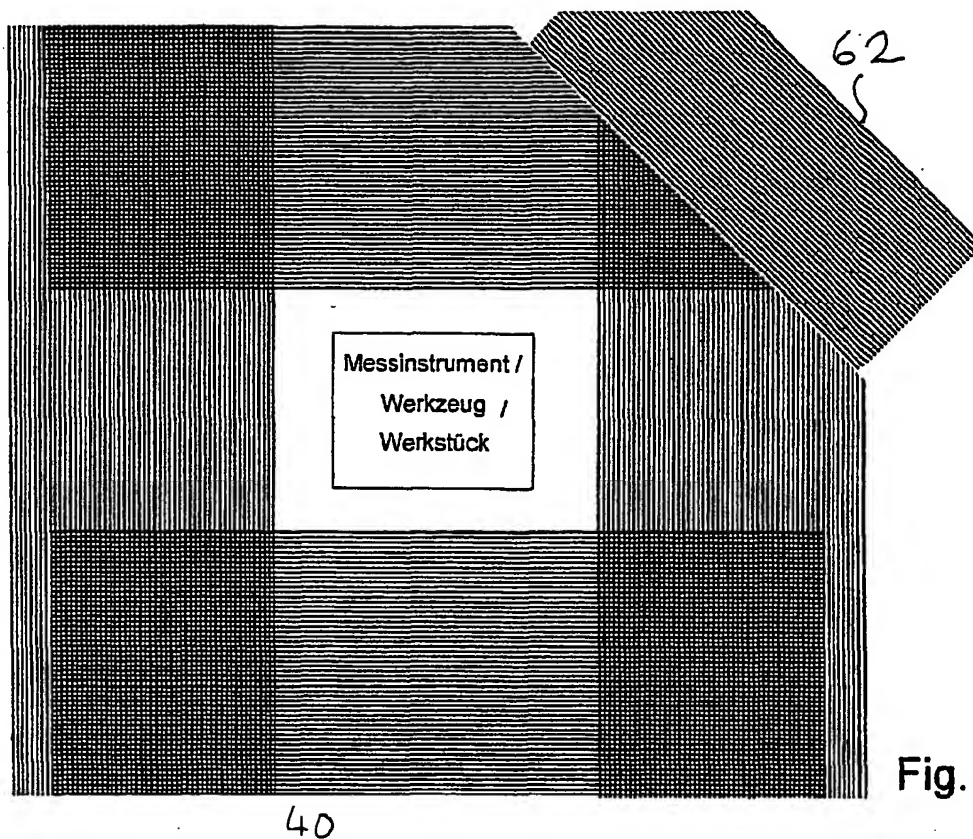


Fig. 5

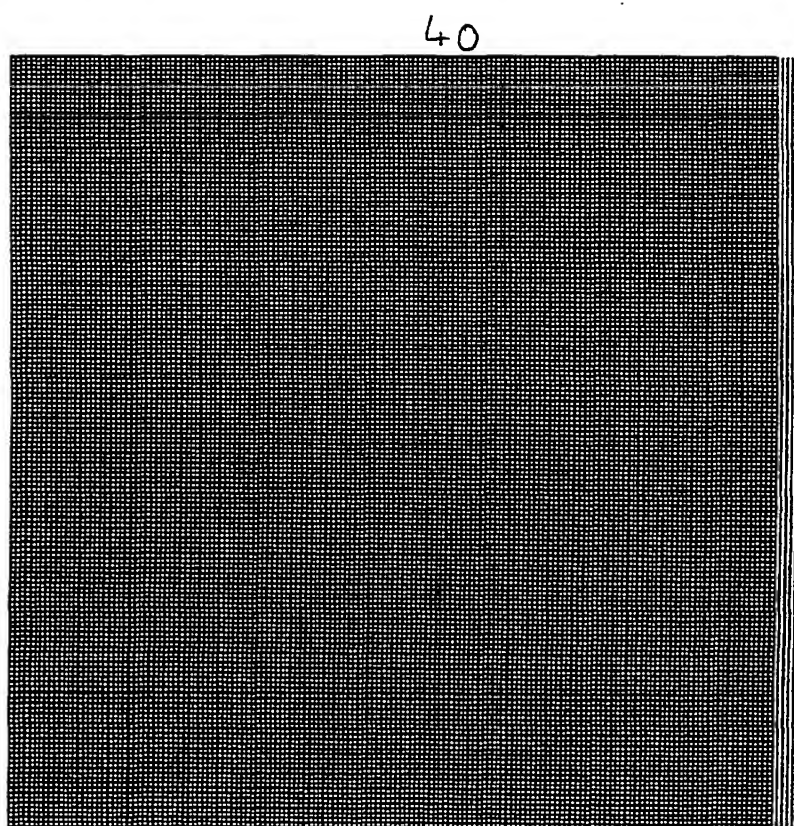


Fig. 6

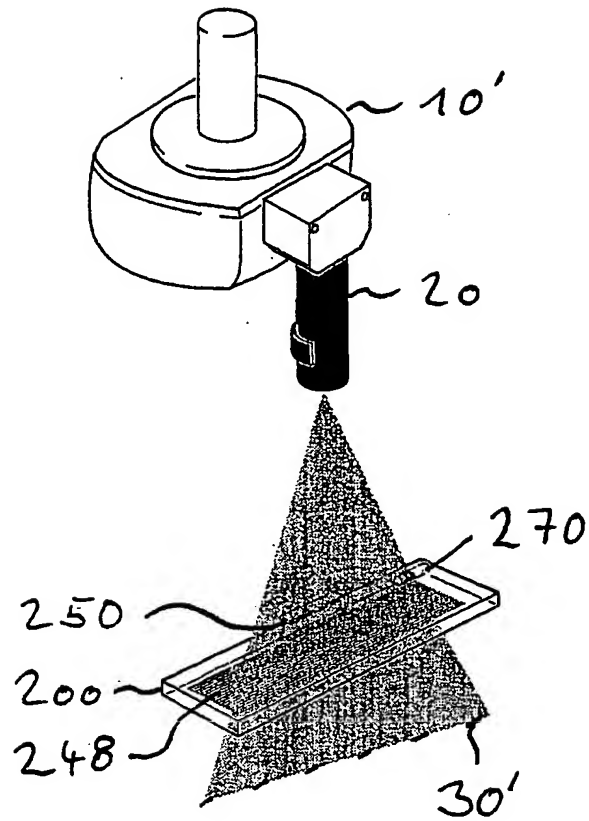


Fig. 7

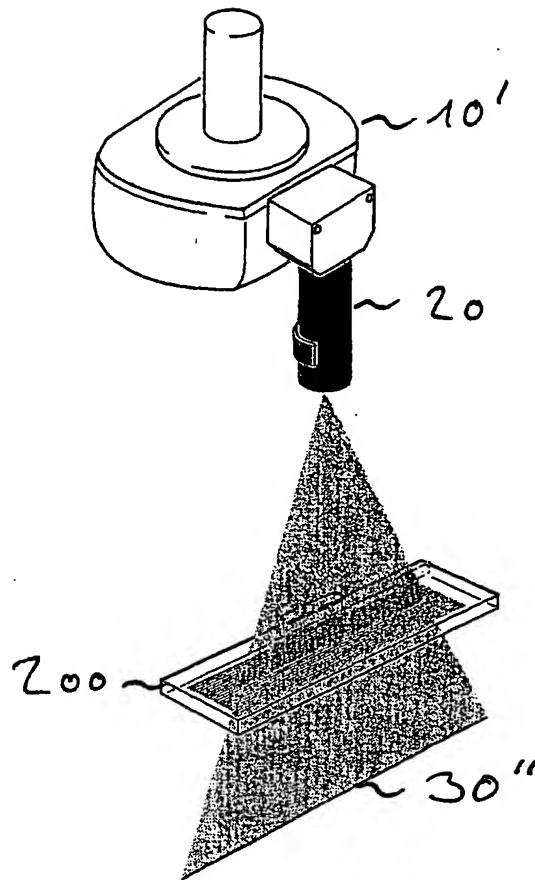


Fig. 8

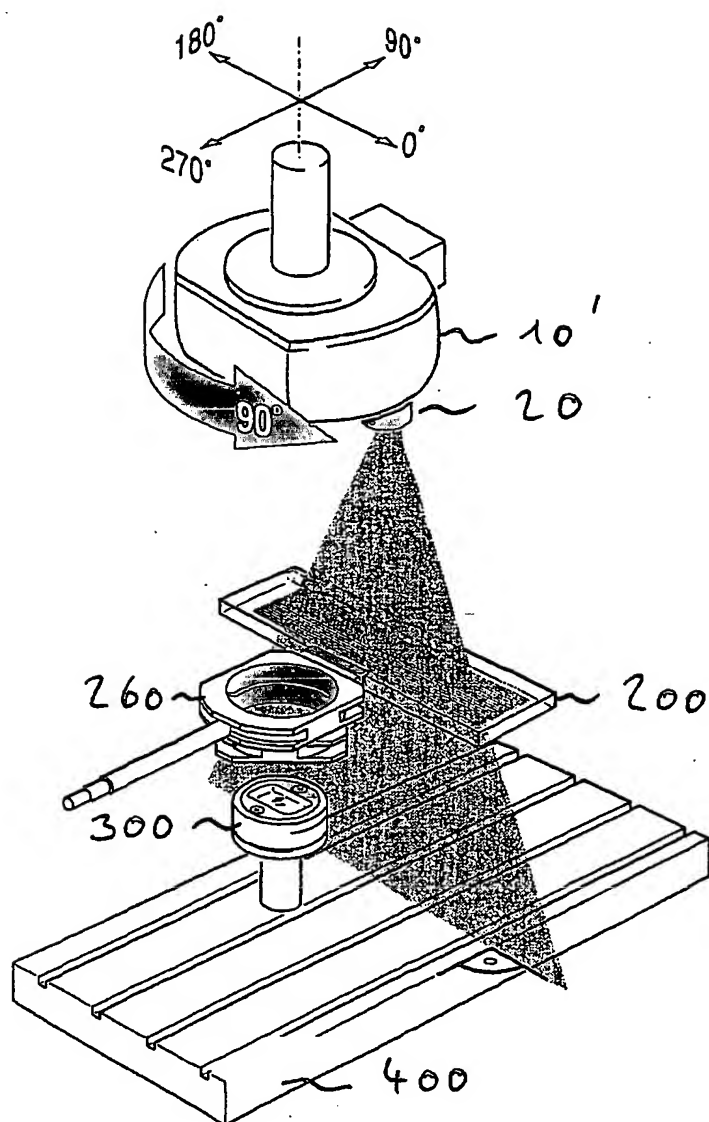


Fig. 9

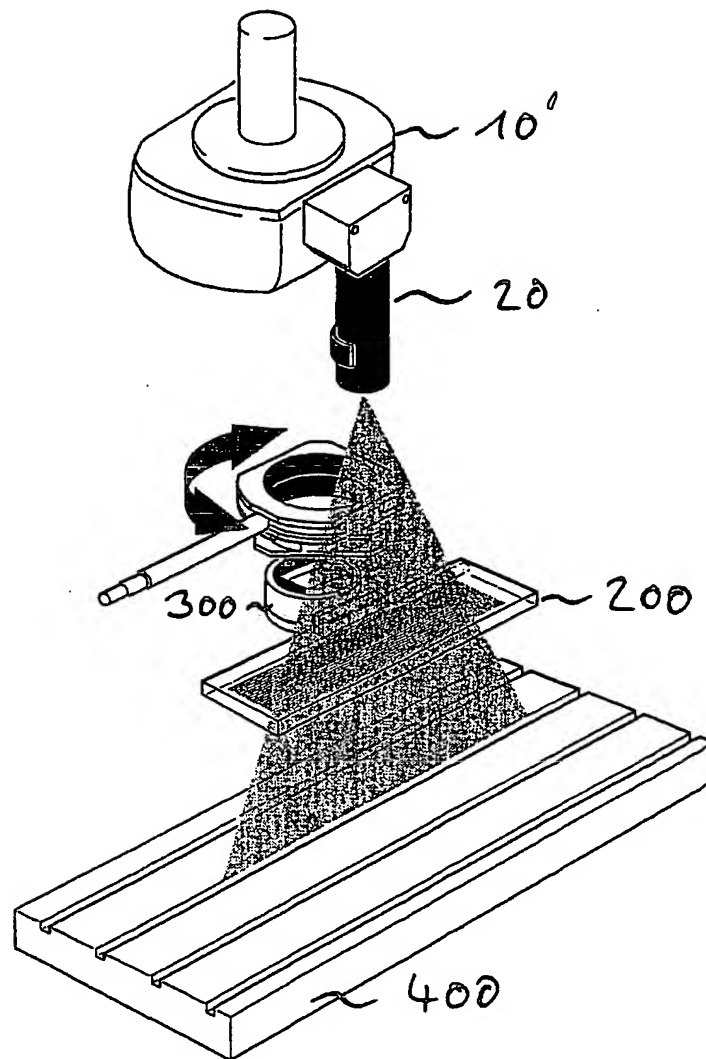


Fig. 10

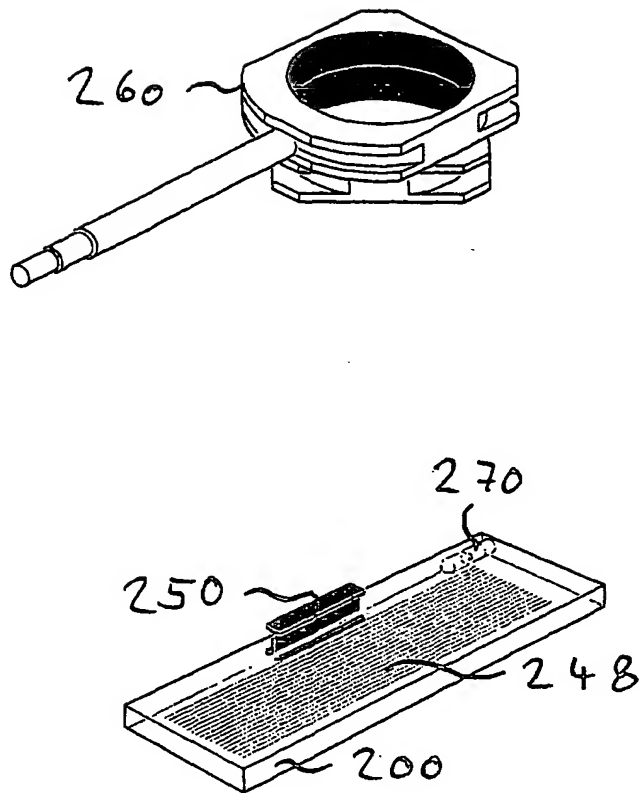


Fig. 11